

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Lalu Lintas**

Karakteristik lalu-lintas terjadi karena adanya interaksi antara pengendara dan kendaraan dengan jalan dan lingkungannya. Saat ini pembahasan tentang arus lalu lintas dikonsentrasikan pada variabel-variabel arus (*flow*, *volume*), kecepatan (*speed*), dan kerapatan (*density*). Ketiga komponen itu termasuk pembahasan arus lalu-lintas dalam skala makroskopik. Kenyataannya, arus lalu lintas yang ada di lapangan adalah sejumlah kendaraan dengan berbagai jenis, ukuran dan sifatnya membentuk sebuah arus lalu lintas. Keragaman ini membentuk karakteristik lalu lintas yang berbeda untuk setiap komposisi dan berpengaruh terhadap arus lalu lintas secara keseluruhan [9].

Pembahasan tersebut telah mengalami perkembangan dari konsep awalnya yakni bahwa elemen utama dari arus lalu-lintas adalah komposisi atau karakteristik volume, asal tujuan, kualitas, dan biaya. Pergeseran tersebut terjadi karena saat ini arus lalu-lintas pada dasarnya hanya menggambarkan berapa banyak jenis kendaraan yang bergerak

Karakteristik utama arus lalu lintas yang digunakan untuk menjelaskan karakteristik lalu lintas adalah sebagai berikut:

1. Arus dan Volume ( $q$ ),
2. Kecepatan ( $v$ ),
3. Kepadatan ( $k$ )

#### **2.2 Arus dan Volume**

Arus lalu-lintas (*flow*) adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu titik pada penggal jalan tertentu, pada periode waktu tertentu, diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu tertentu. Sedangkan volume adalah jumlah kendaraan yang melintasi suatu arus jalan pada periode waktu tertentu diukur dalam satuan kendaraan per satuan waktu [10]. Berikut hubungan matematis antara volume, kepadatan, dan kecepatan.

$$V = D \times S \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- V = arus (volume)  
 D = kepadatan (*density*)  
 S = kecepatan (*speed*)

### 2.3 Kecepatan

Kecepatan merupakan parameter utama yang menjelaskan keadaan arus lalu lintas di jalan. Kecepatan dapat didefinisikan sebagai gerak dari kendaraan dalam jarak per satuan waktu.

$$S = \frac{L}{(t_2 - t_1)} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan :

- S = Kecepatan (km/jam)  
 L = Jarak yang ditempuh (km)  
 (t<sub>2</sub>-t<sub>1</sub>) = Selang waktu yang ditempuh (jam)

Dalam pergerakan arus lalu-lintas, tiap kendaraan berjalan pada kecepatan yang berbeda. Dengan demikian pada arus lalu-lintas tidak dikenal karakteristik kecepatan tunggal akan tetapi lebih sebagai distribusi dari kecepatan kendaraan tunggal. Distribusi tersebut, jumlah rata-rata atau nilai tipikal dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari arus lalu-lintas [10].

Dalam perhitungannya kecepatan rata-rata dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. *Time Mean Speed* (TMS), yang didefinisikan sebagai kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang melewati suatu titik dari jalan selama periode tertentu.
2. *Space Mean Speed* (SMS), yakni kecepatan rata-rata dari seluruh kendaraan yang menempati penggalan jalan selama periode waktu tertentu.

### 2.4 Kepadatan

Kepadatan (D) didefinisikan sebagai jumlah kendaraan persatuan panjang jalan tertentu. Satuan yang digunakan adalah kendaraan/kilometer atau kendaraan/meter. Kepadatan lalu lintas merupakan karakteristik makroskopik mendasar yang secara langsung menunjukkan kualitas lalu lintas dan memengaruhi kemudahan dan kenyamanan yang dapat mendorong seseorang untuk melewati jalan tersebut. [10].

$$D = \frac{N}{L} \dots \dots \dots (2.3)$$

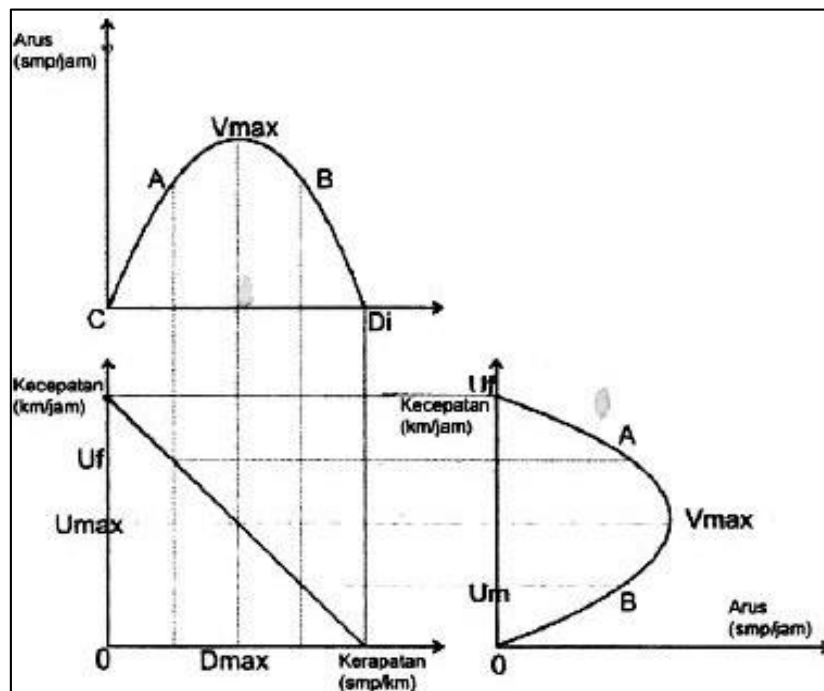
Dengan :

D = Kepadatan lalu lintas (smp/km)

N = Jumlah kendaraan yang berada pada ruas jalan (smp)

L = Panjang ruas jalan yang akan dihitung (km)

Model dari hubungan antara variabel arus, kecepatan, dan Kepadatan, dapat terlihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Hubungan antara Arus, Kecepatan, dan Kepadatan  
Sumber: Indrajaya, 2012

Berdasarkan gambar 2.1 menurut Indrajaya (2012) dapat diterangkan bahwa:

1. Kondisi kepadatan mendekati harga nol, arus lalu lintas juga mendekati harga nol, dengan asumsi seakan-akan tidak terdapat kendaraan bergerak Sedangkan kecepatannya akan mendekati kecepatan rata-rata pada kondisi arus bebas.
2. Apabila kepadatan naik dari angka nol, maka arus juga naik. Suatu kepadatan tertentu akan tercapai suatu titik di mana bertambahnya kepadatan akan membuat arus menjadi turun.
3. Kondisi kepadatan mencapai kondisi maksimum atau disebut kepadatan

kondisi jam (kerapatan jenuh) kecepatan perjalanan akan mendekati nilai nol, demikian pula arus lalu lintas akan mendekati harga nol karena tidak memungkinkan kendaraan untuk dapat bergerak lagi.

4. Kondisi arus di bawah kapasitas dapat terjadi pada dua kondisi, yakni:
  - a. Pada kecepatan tinggi dan kerapatan rendah (kondisi A).
  - b. Pada kecepatan rendah dan kerapatan tinggi (kondisi B)

## **2.5 Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan**

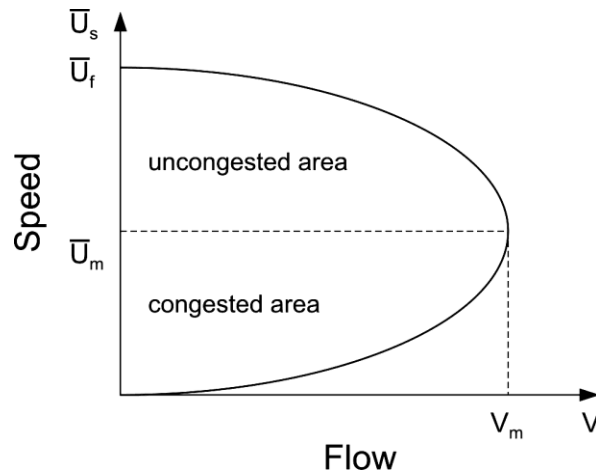
Aliran lalu lintas pada suatu ruas jalan raya terdapat 3 (tiga) variabel utama yang digunakan untuk mengetahui karakteristik arus lalu lintas, yaitu :

1. Volume (*flow*), yaitu jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tinjau tertentu pada suatu ruas jalan per satuan waktu tertentu.
2. Kecepatan (*speed*), yaitu jarak yang dapat ditempuh suatu kendaraan pada ruas jalan per satuan waktu.
3. Kepadatan (*density*), yaitu jumlah kendaraan per satuan panjang jalan tertentu.

Variabel-variabel tersebut memiliki hubungan antara satu dengan lainnya. Hubungan antara volume, kecepatan dan kepadatan dapat digambarkan secara grafis dengan menggunakan persamaan matematis [10].

### **2.5.1 Hubungan volume – Kecepatan**

Hubungan mendasar antara volume dan kecepatan adalah dengan bertambahnya volume lalu lintas maka kecepatan rata-rata ruangnya akan berkurang sampai kepadatan kritis (volume maksimum) tercapai [11]. Berikut hubungan antara volume dan kecepatan ditunjukkan pada gambar 2.2.

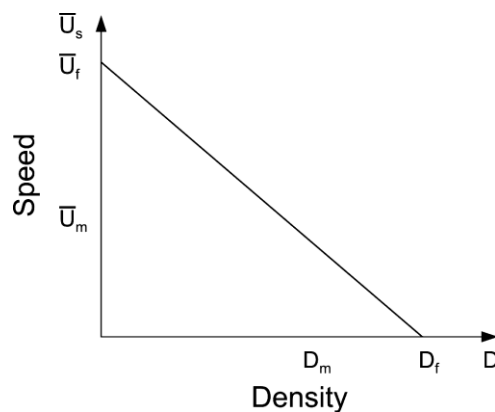


**Gambar 2. 2** Hubungan volume – kecepatan  
Sumber : MKJI, 1997

Setelah kepadatan kritis tercapai, maka kecepatan rata-rata ruang dan volume akan berkurang. Jadi kurva diatas menggambarkan dua kondisi yang berbeda, lengan atas menunjukkan kondisi stabil dan lengan bawah menunjukkan kondisi arus padat [11].

### 2.5.2 Hubungan Kecepatan - Kepadatan

Kecepatan akan menurun apabila kepadatan bertambah. Kecepatan arus bebas akan terjadi apabila kepadatan sama dengan nol, dan pada saat kecepatan sama dengan nol maka akan terjadi kemacetan [11]. Berikut hubungan antara kecepatan dan kepadatan ditunjukkan pada gambar 2.3.

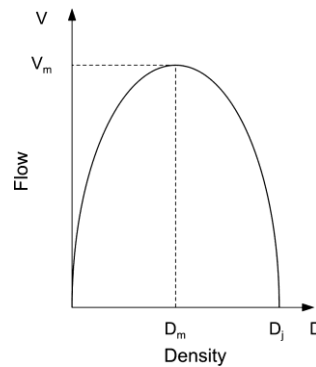


**Gambar 2. 3** Hubungan kecepatan – kepadatan  
Sumber : MKJI, 1997

### 2.5.3 Hubungan Volume - Kepadatan

Volume maksimum terjadi ( $V_m$ ) terjadi pada saat kepadatan mencapai titik  $D_m$  (kapasitas jalur jalan sudah tercapai). Setelah mencapai titik ini volume akan

menurun walaupun kepadatan bertambah sampai terjadi kemacetan di titik  $D_j$  [11]. Berikut hubungan antara volume dan kepadatan ditunjukkan pada gambar 2.4.



**Gambar 2. 4** Hubungan volume – kepadatan  
 Sumber : MKJI, 1997

**2.6 Model Greenshield**

Model ini adalah model yang paling awal dalam upaya mengamati perilaku lalu lintas. *Greenshield* yang melakukan studi pada jalan-jalan di luar kota Ohio, dimana kondisi lalu lintas memenuhi syarat karena tanpa gangguan dan bergerak secara bebas. *Greenshield* mendapatkan hasil bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bersifat linier [10]. Model ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \times D \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V = D \times S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} D^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$S_m = \frac{S_{ff}}{2} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Sehingga didapat kesimpulan untuk model *Greenshield* bahwa volume maksimum  $V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4}$  dapat tercapai pada kondisi kecepatan  $S_m = \frac{S_{ff}}{2}$  dan kepadatan  $D_m = \frac{D_j}{2}$ .

**2.7 Model Greenberg**

Hubungan ini dibuat dengan mengasumsikan bahwa arus lalu lintas mempunyai kesamaan dengan arus fluida. tahun 1959 *Greenberg* menyelidiki aliran arus lalu lintas yang dilakukan pada bagian utara terowongan Lincoln di kota New York dan menganalisa hubungan antara kecepatan dan kerapatan dengan

mempergunakan asumsi kontinuitas dari persamaan gerakan benda cair. *Greenberg* merumuskan bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan hubungan linier, melainkan fungsi eksponensial [10]. Dasar rumusan *Greenberg* adalah sebagai berikut

$$D = C \cdot e^{-bs} \dots\dots\dots(2.9)$$

C dan b merupakan konstanta.

$$\ln D = \ln C - bs \dots\dots\dots(2.10)$$

$$S = \frac{\ln C}{b} - \frac{\ln D}{b} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$V = \frac{D}{b} \ln \frac{C}{D} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$D_m = e^{\ln C - 1} = \frac{C}{e} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$S_m = \frac{1}{b} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$V_m = \frac{c}{be} \dots\dots\dots(2.15)$$

Sehingga dapat disimpulkan untuk model *Greenberg* bahwa volume maksimum

$$V_m = \frac{c}{be} \text{ dapat dicapai pada kondisi kecepatan } S_m = \frac{1}{b} \text{ dan kepadatan } D_m = \frac{c}{e}$$

## 2.8 Model *Underwood*

*Underwood* mengemukakan suatu hipotesis bahwa hubungan antara kecepatan dan kepadatan adalah merupakan hubungan eksponensial [10], dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$$S = S_{ff} \times e^{\frac{-D}{Dm}} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$V = D \times S_{ff} \cdot e^{\frac{-D}{Dm}} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$S = S_{ff} \times e^{\frac{-V}{S \cdot Dm}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$V = S \cdot D_m \ln \frac{S_{ff}}{S} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$S_m = e^{\ln S_{ff} - 1} = \frac{S_{ff}}{e} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$D_m = \frac{-1}{B} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$V_m = \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e} \dots\dots\dots(2.22)$$

Sehingga didapat kesimpulan untuk model *Underwood* bahwa volume maksimum  $V_m = \frac{D_m \cdot S_{ff}}{e}$  dapat dicapai pada kondisi kecepatan  $S_m = \frac{S_{ff}}{e}$  dan

kepadatan  $D_m = \frac{-1}{B}$ .

## 2.9 Cluster

*Clustering* merupakan upaya untuk mengelompokkan *record*, observasi, atau mengelompokkan ke dalam kelas yang memiliki kesamaan objek. Pengklasteran berbeda dengan klasifikasi yang tidak adanya *variable* target dalam pengklasteran. Pengklasteran tidak digunakan untuk melakukan klasifikasi, mengestimasi, atau memprediksi nilai dari target. Pengklasteran digunakan untuk melakukan pembagian terhadap keseluruhan data menjadi kelompok – kelompok yang memiliki kemiripan [12].

Analisis *cluster* adalah salah satu dari metode dalam analisis multivarian yang memiliki tujuan utama untuk mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Analisis *cluster* mengelompokkan individu atau objek penelitian, sehingga setiap objek yang paling dekat kesamaannya dengan objek lain berada dalam *cluster* yang sama. *Cluster-cluster* yang terbentuk dalam satu *cluster* mempunyai ciri yang relatif sama (*homogen*), sedangkan antar cluster mempunyai ciri yang berbeda (*heterogen*). Pengelompokan ini dilakukan berdasarkan variabel-variabel yang diamati [13].

Ciri-ciri *cluster* yang baik yaitu mempunyai:

1. Homogenitas (*within-cluster*), yaitu kesamaan yang tinggi antar anggota dalam satu *cluster*.
2. Heterogenitas (*between-cluster*), yaitu perbedaan tinggi antar klaster yang satu dengan *cluster* yang lain.

## 2.10 Jalur Kritis

Definisi jalur kritis adalah : *If there is a path from origin to terminus whose length equals the duration of the schedule, it is called a critical-path*. Dengan kata lain total waktu jalur kritis akan sama dengan umur kegiatan. Hal ini berarti jalur kritis adalah jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal sampai peristiwa yang terakhir dalam *activity network diagram*.

Maksud kegiatan-kegiatan kritis dalam proyek : *All the activities in a critical-path are limiting in the sense that a delay in any one of them will cause a comparable delay in the completion of the project. Therefore, they are called critical activities*. Suatu kegiatan disebut dengan kegiatan kritis bila suatu delay



atau penundaan waktu di kegiatan ini akan mempengaruhi waktu penyelesaian keseluruhan dari proyek. Sedangkan kegiatan disebut tidak kritis, bila kegiatan ini mempunyai delay yang disebut slack atau float time (waktu mengambang) [14].

Konsep *float* sangat berharga karena memberikan fleksibilitas atau “ruang manuver” pada penjadwalan untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu sehingga ada suatu periode waktu di mana kegiatan dapat melewat tetapi tidak mempengaruhi jalur kritis dan tanggal penyelesaian.

### 2.11 Kontainer

Peti kemas adalah sebagai berikut Peti kemas (kontainer) adalah satu kemasan yang dirancang secara khusus dengan ukuran tertentu, dapat dipakai berulang kali, dipergunakan untuk menyimpan dan sekaligus mengangkut muatan yang ada di dalamnya. Filosofi di balik Peti kemas adalah membungkus atau membawa muatan dalam peti-peti yang sama dan membuat semua kendaraan dapat mengangkutnya sebagai satu kesatuan, baik kendaraan itu berupa kapal laut, kereta api, truk, atau angkutan lainnya, dan dapat membawanya secara cepat, aman, dan efisien atau bila mungkin, dari pintu ke pintu (*door to door*). [15]

### 2.12 Ukuran Peti Kemas

Ukuran Peti kemas adalah sebagai berikut Peti kemas memiliki ukuran yang sudah ditetapkan oleh Badan Internasional Standard Organization (ISO) antara lain [15]:

- 1) *Container 20' Dry Freight (20 feet)*
  1. Ukuran luar : 20' (p) x 8' (l) x 8' 6" (t) atau  
: 6.058 x 2.438 x 2.591 m;
  2. Ukuran dalam : 5.919 x 2.340 x 2.380 m;
  3. Kapasitas : Cubic Capacity : 33 Cbm;
  4. Pay Load : 22.1 ton.
- 2) *Container 40' Dry Freight (40 feet)*
  1. Ukuran luar : 40' (p) x 8' (l) x 8' 6" (t) atau  
: 12.192 x 2.438 x 2.591 m;
  2. Ukuran dalam : 12.045 x 2.309 x 2.379 m;
  3. Kapasitas : Cubic Capacity : 67,3 Cbm;
  4. Pay Load : 27,396 ton.

### 3) *Container 40' High Cube Dry*

1. Ukuran luar : 40' (p) x 8' (l) x 9' 6" (t) atau  
: 12.192 x 2.438 x 2.926 m;
2. Ukuran dalam : 12.045 x 2.347 x 2.684 m;
3. Kapasitas : Cubic Capacity : 76 Cbm;
4. Pay Load : 29,6 ton.

Ukuran muatan dalam pembongkaran/pemuatan kapal Peti kemas dinyatakan dalam TEU (*twenty foot equivalent unit*). Oleh karena ukuran standar dari Peti kemas dimulai dari panjang 20 feet, maka satu Peti kemas 20' dinyatakan sebagai 1 TEU dan Peti kemas 40' dinyatakan sebagai 2 TEU's atau sering juga dinyatakan dalam FEU (*fourty foot equivalent unit*).

### 2.13 Jenis Jenis Kontainer

Jenis-jenis kontainer sebagai berikut [15, 16]:

#### 1. *General Cargo Container*

Kontainer jenis ini berfungsi untuk mengangkut berbagai jenis muatan kering atau general cargo yang tidak memerlukan pemeliharaan khusus. Peti kemas semacam ini sangat sesuai untuk memuat barang yang dikemas dalam karton, pada lantai dan dinding.

#### 2. *Reefer Container*

*Reefer Container* atau disebut juga peti kemas yang mempunyai sistem pengatur udara. Peti kemas ini berfungsi untuk mengangkut muatan beku dengan suhu yang dapat dikontrol, biasanya berisi muatan yang ongkos angkutnya tinggi. Mempunyai konstruksi tertutup dengan dinding, lantai, atap, dan pintu yang semuanya dilapisi dengan insulasi untuk mengurangi terjadinya perubahan suhu antara bagian dalam dan bagian luar. Untuk pengatur suhu dipasang alat pengatur suhu, dimana sumber listriknya diambil dari kapal. Tetapi dengan adanya sistem insulasi dan dilengkapi dengan alat pendingin serta generator pembangkit listrik membuat berat peti kemas menjadi banyak sehingga muatan yang dapat dimuat relative terbatas.

#### 3. *Dry Bulk Container*

Peti kemas ini cocok untuk mengangkut muatan kering yang dicurah dan mudah bergeser seperti beras, gandum, biji -bijian dll. Untuk pengisian muatan

biasanya menggunakan lubang-lubang di bagian atas sebagaimana pintu palka. Peti kemas jenis ini mempunyai pintu biasa dan pintu kecil yang berfungsi untuk membongkar muatan dengan cara menaikkan salah satu ujung peti kemas. Juga untuk mempercepat proses bongkar, dilengkapi dengan alat penggetar agar muatan lebih mudah untuk meluncur ke bawah.

#### 4. *Tank Container*

Bangunannya berupa sebuah tangki yang dipasang dalam kerangka peti kemas dan sesuai dengan dimensi yang telah ditetapkan oleh ISO. Berfungsi untuk mengangkut muatan yang berbentuk cair.

#### 5. *Open Top Container*

Peti kemas ini mempunyai pintu pada salah satu ujung serta bagian atasnya terbuka, peti kemas jenis ini cocok untuk memuat barang-barang yang ukurannya relative besar dan tingginya melebihi sehingga bila tak memungkinkan dimuat dari pintu depan maka dapat dimuat dari atas.

#### 6. *Open Side Container*

Peti kemas jenis ini mempunyai dinding pada salah satu sisi atau keduanya bisa dibuka dan ditutup. Pemuatan bisa dilakukan dari salah satu sisi ataupun kedua belah sisi peti kemas, serta juga biasa dimuati dari pintu. Dengan adanya langit-langit yang bersifat tetap menyebabkan peti kemas ini tahan terhadap panas dan hujan.

#### 7. *Platform Container*

Peti Kemas jenis ini hanyalah terbentuk dari bagian lantai peti kemas dengan corner casting atau lubang pengangkatnya terletak pada keempat sudutnya, tetapi tanpa mempunyai tiang sudut (corner post). Peti kemas jenis ini tidak bisa dihibob dengan spreader biasa, tetapi saat menghibob menggunakan lift lock sling ataupun spreader biasa yang disambung dengan sling rantai yang dipasang pada keempat sudutnya.

### **2.14 Penelitian Terdahulu**

Berikut referensi-referensi dari beberapa jurnal dan skripsi sebagai acuan dan pembandingan dalam penulisan tugas akhir dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Pendekatan	Hasil Penelitian	Publikasi
1	Basrami, Edward, La Ode M(2019)	Analisis Hubungan Volume Kecepatan Kepadatan pada segmen ruas jalan Z.A Sugianto yang mengalami penyempitan jalan di jembatan sungai wanggu 1	<i>Greenshield, Greenberg, Underwood, dan Bell model</i>	Model hubungan yang sesuai dengan kondisi dilapangan segmen menyempit adalah model <i>Greenberg</i> ; $S=46,672-8,232 \text{ Ln D}$ , volume dan kecepatan; $V=46,672-8,232 \text{ D LnD}$ , volume dan kepadatan; $V=289,996S$ . e-0,1215 S. pada segmen jalan normal, sesuai dengan kondisi dilapangan menggunakan model <i>Underwood</i> dengan persamaan Kecepatan-Kepadatan; $S=34,955 \text{ e-}0,016D$ , volume dan kepadatan; $V=34,95D \text{ e}0,0155D$ , volume dan kecepatan; $V=228,946S-64,418S \text{ Ln S}$ .	Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, STABILITA Vol. 7, No. 3, Nov 2019 ISSN 2657-2273
2	Yizhe Huang , Daniel(Jian) Sun , Aoyong Li & Kay W. Axhausen (2020)	<i>Impact of bicycle traffic on the macroscopic fundamental diagram:some empirical findings in Shanghai</i>	<i>Macroscopic Fundamental Diagram, Greenshield, BCI</i>	Pengaruh lalu lintas sepeda pada MFD mobil bervariasi dengan kondisi lalu lintas. Aliran jaringan maksimum terjadi ketika kepadatan jaringan sekitar 45 kendaraan/kmln dan BCI sekitar 0,3. Penelitian ini pun menunjukkan bahwa total arus kendaraan dari 55 jalan di Shanghai menurun sebesar 24% setelah penerapan skema pemisahan mobil-sepeda motor.	Transportmetrica A: Transport Science 2021, Vol. 17. Pages 1122-1149 ISSN 2324-9935
3	Bagas Saputra, Dian Savitri (2021)	Analisa Hubungan Antara Kecepatan, volume dan kepadatan Lalu Lintas berdasarkan model <i>Greenshield, Greenberg, Underwood</i>	<i>Greenshield, Greenberg, Underwood</i>	Analisa model <i>Greenberg</i> menunjukkan hubungan erat antara kecepatan dan kepadatan dengan model $U_s=13.29687523 \text{ In } 322.9502746/D$ . Nilai $R^2 = 0,94$ yang memiliki arti kesesuaian model sebesar 94%.	Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas – Vol.5, No.1, Januari 2021 ISSN 2615-1847
4	Viska Noviantri (2017)	Tinjauan Makroskopik Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Konsep Dinamika Fluida	<i>macroscopic fundamental diagram dan Lighthill Witham Richards</i>	Model LWR diselesaikan secara analitik dengan menggunakan metode karakteristik. Sedangkan secara numerik, model diselesaikan dengan menggunakan metode beda hingga. Hasil simulasi menunjukkan bahwa adanya kesesuaian antara hasil analitik dan numerik.	Jurnal Binawakya, Vol 14 No.4, Nopember 2017, ISSN 2615-3505
5	Grisela, Sigit, Siti Malkamah (2019)	Hubungan Volume Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman	<i>Greenshield, Greenberg, Underwood, dan Bell Model</i>	Model <i>Underwood</i> mendominasi sebagai model terbaik dengan nilai $S=82,49 \text{ e} D-0,0159$ , $V=D 82,48 \text{ e} D-0,0159$ , $V=278,3 \text{ S-}63,08 \text{ LnS}$ . Oleh karena itu, jalan Padjajaran termasuk dalam jalan perkotaan dengan arus padat.	Teknisia, Volume XXIV, No 1, Mei 2019, ISSN 0853-8557

Berdasarkan table penelitian terdahulu diatas, penelitian hubungan volume kecepatan kepadatan pada segmen ruas jalan Z.A Sugianto pada tahun 2019 yang mengalami penyempitan jalan di jembatan sungai wanggu 1, Basrami, Edward, dan Muhammad menggunakan *Greenshield, Greenberg, Underwood, dan Bell model* hasil penelitiannya sesuai dengan kondisi dilapangan segmen menyempit adalah model *Greenberg*;  $S=46,672-8,232 \ln D$ , volume dan kecepatan;  $V= 46,672-8,232 D \ln D$ , volume dan kepadatan;  $V=289,996S \cdot e^{-0,1215 S}$  pada segmen jalan normal, sesuai dengan kondisi dilapangan menggunakan model *Underwood* dengan persamaan Kecepatan-Kepadatan;  $S=34,955 \cdot e^{-0,016D}$ , volume dan kepadatan;  $V=34,95D \cdot e^{0,0155D}$ , volume dan kecepatan;  $V= 228,946S-64,418S \ln S$ .

Yizhe Huang , Daniel(Jian) Sun , Aoyong Li & Kay W. Axhausen pada tahun 2020 melakukan penelitian untuk mengukur dampak jalur sepeda motor terhadap lalu lintas mobil di shanghai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh lalu lintas sepeda motor pada *makroskopik flow diagram* jalur mobil bervariasi sesuai dengan kondisi jaringan lalu lintas. Aliran jaringan maksimum terjadi ketika kepadatan jalur sekitar 45 kendaraan/km dan BCI 0,3. Penelitian ini pun menunjukkan bahwa total arus kendaraan dari 55 jalan di Shanghai sebesar 24% setelah penerapan skema pemisahan mobil dan sepeda motor.

Analisa Hubungan Antara Kecepatan, volume dan kepadatan Lalu Lintas berdasarkan model *Greenshield, Greenberg, Underwood* yang dilakukan Bagas Saputra dan Dian Savitri pada tahun 2021 menunjukkan hasil penelitiannya bahwa terdapat hubungan yang erat pada model *Greenberg* antara kecepatan dan kepadatan dengan model  $U_s=13.29687523 \ln 322.9502746/D$ . Nilai  $R^2 = 0,94$  yang memiliki arti kesesuaian model sebesar 94%.

Penelitian yang dilakukan Noviantri pada tahun 2017 membahas tentang tinjauan makroskopik kepadatan lalu lintas berdasarkan konsep dinamika fluida menggunakan pendekatan LWR mendapatkan hasil Model LWR diselesaikan secara analitik dengan menggunakan metode karakteristik. Sedangkan secara numerik, model diselesaikan dengan menggunakan metode beda hingga. Hasil simulasi menunjukkan bahwa adanya kesesuaian antara hasil analitik dan numerik.

Penelitian yang dilakukan oleh Grisela Nurinda, Sigit Priyatno, dan Siti Malkamah pada tahun 2019, melakukan penelitian tentang hubungan volume kecepatan dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan padjajaran (ring road utara), sleman menggunakan metode *Greenshield*, *Greenberg*, dan *Underwood*. Hasil penelitiannya bahwa metode *Underwood* mendominasi sebagai model terbaik dengan nilai  $S=82,49$  e  $D=0,0159$ ,  $V=D$   $82,48$  e  $D=0,0159$ ,  $V=278,3$   $S=63,08$  LnS. Oleh karena itu, jalan Padjajaran termasuk dalam jalan perkotaan dengan arus padat.

### **2.15 Posisi Penelitian**

Posisi penelitian menunjukkan perbedaan penelitian yang akan dilakukan dibanding dengan penelitian-penelitian terdahulu dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. 2 Posisi Penelitian

No	Nama	Judul Penelitian	Pendekatan						Lokasi Penelitian
			LWR	GS	GB	UN	BCI	BL	
1	Basrami, Edward, La Ode M(2019)	Analisis Hubungan Volume Kecepatan Kepadatan pada segmen ruas jalan Z.A Sugianto yang mengalami penyempitan jalan di jembatan sungai wanggu 1	-	√	√	√	-	√	Jembatan Sungai Wanggu 1
2	Yizhe Huang , Daniel(Jian) Sun , Aoyong Li & Kay W. Axhausen (2020)	<i>Impact of bicycle traffic on the macroscopic fundamental diagram:some empirical findings in Shanghai</i>	-	√	-	-	√	-	Shanghai
3	Bagas Saputra, Dian Savitri (2021)	Analisa Hubungan Antara Kecepatan, volume dan kepadatan Lalu Lintas berdasarkan model <i>Greenshield, Greenberg, Underwood</i>	-	√	√	√	-	-	Jalan Mastrip Surabaya
4	Viska Noviantri (2017)	Tinjauan Makroskopik Kepadatan Lalu Lintas Berdasarkan Konsep Dinamika Fluida	√	-	-	-	-	-	
5	Grisela, Sigit, Siti Malkamah (2019)	Hubungan Volume Kecepatan Dan Kepadatan Lalu Lintas Pada Ruas Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman	-	√	√	√	-	√	Jalan Padjajaran (Ring Road Utara), Sleman
6	Aldin Sulthani (2023)	Pengukuran Karakteristik Arus Lalu Lintas Angkutan Berat Kontainer Pada Cluster Jaringan Kritis Dalam Kota Pontianak	-	√	√	√	-	-	Jalan Tanjungpura-Imam Bonjol Kota Pontianak

**Keterangan:**LWR = *Lighthill Witham Richards*GS = *Greenshield*GB = *Greenberg*UN = *Underwood*BCI = *Bicycle Congestion Index*BL = *Bell Model*